

Ventilanordnung, insbesondere Einlassventil einer  
5 Hochdruck-Kraftstoffpumpe

Stand der Technik

10 Die Erfindung betrifft eine Ventilanordnung, insbesondere  
eine Einlassventilanordnung einer Hochdruck-  
Kraftstoffpumpe, mit einem in einer Ventilkammer  
angeordneten Ventilelement und einem stromaufwärts an die  
Ventilkammer angrenzenden Fluidkanal.

15 Eine Ventilanordnung der eingangs genannten Art ist vom  
Markt her bekannt. Sie kommt beispielsweise bei einer  
Hochdruck-Kraftstoffpumpe eines Common-Rail-  
Einspritzsystems zum Einsatz. Eine solche Hochdruck-  
20 Kraftstoffpumpe ist als Kolbenpumpe ausgeführt. Als  
Einlassventil zu einem Förderraum hin ist ein Kugel-  
Rückschlagventil vorgesehen. Die Kugel des  
Rückschlagventils ist in einer Ventilkammer angeordnet, in  
die eine Zulaufbohrung mündet. Die Zulaufbohrung umfasst  
25 einen ersten Kanalabschnitt, der im Wesentlichen senkrecht  
zur Längsachse eines Kolbens der Kolbenpumpe liegt, sowie  
einen zweiten Kanalabschnitt, der koaxial zur Längsachse  
des Kolbens der Kolbenpumpe liegt. Die Längsachsen der  
beiden Kanalabschnitte schneiden sich in einem  
30 Verschneidungsbereich. In diesem Verschneidungsbereich  
kommt es im Betrieb der Kolbenpumpe zu einer scharfkantigen  
Umlenkung des dem Einlassventil zuströmenden Kraftstoffes.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine  
35 Ventilanordnung der eingangs genannten Art so

weiterzubilden, dass sie möglichst verlustarm arbeitet und hierdurch der Wirkungsgrad beispielsweise einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe, bei welcher die Ventilanordnung eingesetzt wird, besser wird.

5

Diese Aufgabe wird bei einer Ventilanordnung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der Fluidkanal so ausgebildet ist, dass dem Fluidstrom, welcher der Ventilkammer zuströmt, eine Rotation um die Längsachse des

10 Fluidkanals (Drall) aufgeprägt wird.

#### Vorteile der Erfindung

15 Die der Strömung aufgeprägte Rotation ("Drall" oder "Spin") führt zu Fliehkräften, durch welche die Strömung an die Wand gedrückt wird. Auf diese Weise wird verhindert, dass sich der Fluidstrom von der Wand des Fluidkanals beispielsweise bei einer Richtungsänderung unter Bildung

20 eines entsprechenden Unterdruckgebietes löst. Hierdurch wird der Staudruck im Umlenkungsbereich vermindert und der Strömungswiderstand gesenkt. Kavitationsschäden im Fluidkanal werden ferner vermieden. Aufgrund der an der Wand des Fluidkanals anliegenden Fluidströmung ist der

25 Fluidkanal gleichmäßig gefüllt, was bei gleicher Öffnungsduauer des Ventilelements zu einem größeren Durchsatz führt.

Aufgrund der jederzeit anliegenden Strömung kann darüber

30 hinaus die Länge des Fluidkanals geringer ausfallen, was insgesamt die Baugröße der Ventilanordnung und beispielsweise einer Kraftstoffpumpe, in welcher diese zum Einsatz kommt, reduziert. Durch die drallbehaftete Strömung werden sonst vorhandene stark instationäre turbulente

35 Strömungsvorgänge (pulsartiges Geschwindigkeitsprofil)

vermindert beziehungsweise vollständig verhindert, was die Belastung des Fluidkanals und eines weiter stromaufwärts gelegenen Bereichs vermindert. So wird beispielsweise eine Zuführpumpe, welche das Fluid der Ventilanordnung zuleitet,  
5 ebenfalls geschont.

Durch die vergleichmäßigte Strömung im Fluidkanal wird auch das Ventilelement selbst gleichmäßig umströmt und bleibt so auch im geöffneten Schwebezustand mittig, das  
10 heißt es entsteht keine Querkraft auf das Ventil durch ein einseitig vorbeifließendes Fluid. Dies führt ebenfalls zu einer Wirkungsgradverbesserung der Ventilanordnung und zu einer Minderung des Verschleißes am Ventilelement.

15 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Zunächst wird vorgeschlagen, dass der Fluidkanal einen ersten Kanalabschnitt und einen an diesen anschließenden  
20 zweiten Kanalabschnitt umfasst, wobei die Längsachsen der Kanalabschnitte zueinander in einem Winkel  $< 180^\circ$  stehen, und wobei die Längsachse des ersten Kanalabschnitts gegenüber der Längsachse des zweiten Kanalabschnitts seitlich versetzt ist. Durch den seitlichen Versatz wird  
25 die Rotation der Strömung im zweiten Kanalabschnitt auf einfache Weise hervorgerufen. Aufgrund des Knicks zwischen den beiden Kanalabschnitten erzeugte Turbulenzen werden so wirkungsvoll geglättet, oder derartige Turbulenzen können erst gar nicht entstehen.

30 Besonders deutlich ist die Rotation dann, wenn die Längsachsen der beiden Kanalabschnitte wenigstens in etwa in einem rechten Winkel zueinander stehen. In diesem Fall ist der der Strömung im zweiten Kanalabschnitt aufgeprägte  
35 Drall am stärksten, und daher sind die mit der

erfindungsgemäßen Ventilanordnung erzielbaren Vorteile am größten.

Vorgeschlagen wird auch, dass die Ventilanordnung als  
5 Ventilelement eine Kugel oder ein Kegelelement umfasst.  
Aufgrund der Drehbewegung des der Ventilkammer zuströmenden  
Fluids werden auch diese rotationssymmetrischen  
Ventilelemente in Drehung versetzt. Dies verhindert einen  
einseitigen Verschleiß an diesen Ventilelementen und erhöht  
10 die Dauerhaltbarkeit eines dem Ventilelement zugeordneten  
Ventilsitzes.

Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung der  
erfindungsgemäßen Ventilanordnung zeichnet sich dadurch  
15 aus, dass beide Kanalabschnitte im Querschnitt wenigstens  
in etwa den gleichen Radius aufweisen und dass der  
seitliche Versatz der Längsachsen größer ist als der  
Radius. Dies vereinfacht die Herstellung der  
erfindungsgemäßen Ventilanordnung und senkt somit die  
20 Herstellkosten, da für beide Kanalabschnitte das gleiche  
Bohrwerkzeug verwendet werden kann.

Vorgeschlagen wird auch, dass ein Übergangsbereich zwischen  
dem ersten Kanalabschnitt und dem zweiten Kanalabschnitt  
25 mittels elektrochemischen Materialabtrags bearbeitet ist.  
Dies ermöglicht einen weitgehend kantenfreien Übergang von  
einem Kanalabschnitt zum anderen Kanalabschnitt, was für  
eine gleichmäßige Strömung ebenfalls günstig ist.  
  
30 Dabei wird besonders bevorzugt, wenn der Übergangsbereich  
eine vom ersten zum zweiten Kanalabschnitt gekrümmte Wand  
umfasst. Dies führt zu einer besonders glatten Strömung, in  
der wenig Turbulenzen auftreten.

Besonders bevorzugt ist auch, wenn sich der erste Kanalabschnitt axial nicht oder nicht wesentlich über den zweiten Kanalabschnitt hinaus erstreckt. Hierdurch wird der Staudruck stromaufwärts von der Umlenkung vom ersten

5 Kanalabschnitt zum zweiten Kanalabschnitt gesenkt, was den Strömungswiderstand nochmals reduziert und den Wirkungsgrad der Ventilanordnung insgesamt in strömungstechnischer Hinsicht verbessert.

10 Möglich ist ferner, dass die Längsachse des ersten Kanalabschnitts und die Längsachse des zweiten Kanalabschnitts einen Winkel  $> 90^\circ$  einschließen. Dies führt zu einer zusätzlichen Widerstandsreduzierung.

15

#### Zeichnung

Nachfolgend wird ein besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung unter

20 Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert.  
In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe;

25 Figur 2 einen Schnitt durch ein Gehäuse der Hochdruck-Kraftstoffpumpe von Figur 1;

30 Figur 3 einen Schnitt längs der Linie III-III von Figur 2;

Figur 4 ein Detail IV von Figur 2;

Figur 5 einen Schnitt längs der Linie V-V von Figur 4;

35

Figur 6 einen Schnitt längs der Linie VI-VI von Figur 4;

Figur 7 einen Schnitt längs der Linie VII-VII von Figur 6;  
und

5

Figur 8 eine Darstellung ähnlich Figur 3 einer  
abgewandelten Ausführungsform eines Gehäuses der  
Hochdruck-Kraftstoffpumpe von Figur 1.

10

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Eine Brennkraftmaschine trägt in Figur 1 insgesamt das  
Bezugszeichen 10. Sie umfasst einen Kraftstoffbehälter 12,  
15 aus dem eine Vorförderpumpe 14 den Kraftstoff zu einer  
Hochdruck-Kraftstoffpumpe 16 fördert. Diese komprimiert den  
Kraftstoff auf einen sehr hohen Druck und fördert ihn zu  
einer Kraftstoff-Sammelleitung 18 ("Rail"), in der der  
Kraftstoff unter hohem Druck gespeichert ist. An diese sind  
20 mehrere Injektoren 20 angeschlossen, die den Kraftstoff  
direkt in ihnen zugeordnete Brennräume 22 einspritzen.

Ein Gehäuse 24 der Hochdruck-Kraftstoffpumpe 16 ist in den  
Figuren 2 und 3 stärker im Detail dargestellt. Es umfasst  
25 drei Zylinder 26a, 26b, und 26c, welche im Wesentlichen  
identisch aufgebaut sind. Der Einfachheit halber wird  
nachfolgend nur auf den Zylinder 26a Bezug genommen.

Im Zylinder 26a ist eine Kolbenbohrung 28 vorhanden, in  
30 welcher ein nicht gezeigter Kolben längsverschieblich  
aufgenommen ist. Über einen Fluidkanal 30 ist die  
Kolbenbohrung 28 mit einem Kraftstoff-Einlass 32  
verbindbar. Der Kraftstoff-Einlass 32 ist wiederum mit der  
Vorförderpumpe 14 verbunden.

35

Der Fluidkanal 28 ist in zwei Kanalabschnitte 34 und 36 unterteilt. Der erste Kanalabschnitt 34 geht unter einem Winkel von einem Einlasskanal (ohne Bezugszeichen) ab, der wiederum von einem Kraftstoff-Einlass 32 wegführt. Nach 5 außen hin ist der erste Kanalabschnitt 34 durch eine nicht mit Bezugszeichen versehen Kugel verstopft. Seine Längsachse 38 verläuft senkrecht zur Längsachse 40 der Kolbenbohrung 28 und des zweiten Kanalabschnitts 36 (vergleiche Figur 3). Die beiden Längsachsen 38 und 40 10 schneiden sich jedoch nicht. Wie insbesondere aus den Figuren 2 und 4 sowie 6 und 7 hervorgeht, ist stattdessen die Längsachse 38 des ersten Kanalabschnitts 34 gegenüber der Längsachse 40 des zweiten Kanalabschnitts 36 seitlich versetzt. Der seitliche Versatz ist in den Figuren 6 und 7 15 mit V bezeichnet. Die beiden Kanalabschnitte 38 und 40 haben im Querschnitt den gleichen Radius, welcher größer ist als der seitliche Versatz V der beiden Längsachsen 38 und 40.

20 Wie insbesondere aus Figur 6 hervorgeht, ist in einem Übergangsbereich zwischen dem ersten Kanalabschnitt 34 und dem zweiten Kanalabschnitt 36 eine vom ersten Kanalabschnitt 34 zum zweiten Kanalabschnitt 36 hin gekrümmte Wandfläche 41 vorhanden. Diese ist mittels 25 elektrochemischen Materialabtrags eingearbeitet. Durch diese geht die in der Schnittebene von Figur 6 radial äußere Wand des Kanalabschnitts 34 ohne Knick oder Kante in den entsprechenden Wandabschnitt des Kanalabschnitts 36 über.

30 Zwischen dem zweiten Kanalabschnitt 36 des Fluidkanals 30 und der Kolbenbohrung 28 ist eine Ventilkammer 42 vorhanden. Zwischen der Ventilkammer 42 und dem zweiten Kanalabschnitt 36 ist ein Absatz ausgebildet, welcher einen 35 Ventilsitz 44 für eine Ventilkugel 46 bildet, die in der

Ventilkammer 42 aufgenommen ist (vergleiche Figuren 4 und 5). Die Ventilkugel 46 wird von einer in der Zeichnung nicht gezeigten Feder gegen den Ventilsitz 44 beaufschlagt. An die Ventilkammer 42 schließt sich ein Förderraum 47 an.

5 Wie insbesondere auch aus Figur 7 ersichtlich ist, erstreckt sich der erste Kanalabschnitt 34 kaum über den zweiten Kanalabschnitt 36 hinaus. Der Fluidkanal 30, der Ventilsitz 44 und die Ventilkugel 46 bilden insgesamt eine Ventilanordnung 47.

10 Die Hochdruck-Kraftstoffpumpe 16 arbeitet folgendermaßen (auch hier wird wiederum nur auf den Zylinder 26a Bezug genommen):

15 Bei einem Saughub des Kolbens hebt die Ventilkugel 46 vom Ventilsitz 44 ab. Kraftstoff strömt nun von der Vorförderpumpe 14 über den Kraftstoff-Einlass 32, den ersten Kanalabschnitt 34, den zweiten Kanalabschnitt 36, und durch den Spalt zwischen Ventilkugel 46 und Ventilsitz 20 44 hindurch in die Ventilkammer 42 und weiter in den Förderraum 47. Aufgrund des Versatzes V zwischen der Längsachse 38 des ersten Kanalabschnitts 34 und der Längsachse 40 des zweiten Kanalabschnitts 36 erfährt der Fluidstrom eine seitliche Bewegungskomponente (Pfeile 48 in

25 Figur 6). Diese seitliche Bewegungskomponente wird durch die gekrümmte Wand 41 unterstützt, ohne dass sich hierdurch im ersten Kanalabschnitt 34 ein wesentlicher Staudruck aufbauen kann.

30 Von dem ersten Kanalabschnitt 34 gelangt der Kraftstoff in den zweiten Kanalabschnitt 36. Dabei erfährt er eine Richtungsänderung von  $90^\circ$ . Aufgrund der seitlichen Bewegungskomponente 48 stellt sich jedoch bei der Fluidstrom im zweiten Kanalabschnitt 36 zusätzlich eine 35 Drehbewegung um die Längsachse 40 des zweiten

Kanalabschnitts 36 ein. Diese Drehbewegung wird auch als "Drall" oder "Spin" bezeichnet und trägt in den Figuren 6 und 7 das Bezugszeichen 50. Durch den Drall 50 wird bei der Richtungsänderung des Fluidstroms im Übergangsbereich

5 zwischen erstem Kanalabschnitt 34 und zweitem Kanalabschnitt 36 verhindert, dass sich die Strömung ablöst, was zu einem erhöhten Strömungswiderstand sowie der Gefahr von Kavitation und entsprechendem Verschleiß führen würde.

10 Durch den Drall 50 wird ferner die Ventilkugel 46 im geöffneten Zustand in eine Drehung versetzt, so dass sie gleichmäßig verschleißt. Somit bleibt ihre Dichtwirkung und auch jene des Ventilsitzes 44 über einen sehr langen  
15 Zeitraum erhalten. Da eine Ablösung der Kraftstoffströmung im Übergangsbereich zwischen den beiden Kanalabschnitten 34 und 36 und insbesondere im zweiten Kanalabschnitt 36 verhindert wird, kommt es auch nicht zu einer Einschnürung des Fluidstromes mit entsprechend reduziertem hydraulischem  
20 Durchmesser, welcher zu einer erhöhten Drosselung führen würde.

Eine alternative Ausführungsform ist in Figur 8 gezeigt, dabei tragen solche Elemente und Bereiche, welche  
25 äquivalente Funktionen zu Elementen und Bereichen der vorhergehenden Figuren aufweisen, die gleichen Bezugszeichen. Sie sind nicht nochmals im Detail erläutert. Im Gegensatz zu dem ersten Ausführungsbeispiel steht hier die Längsachse 38 des ersten Kanalabschnitts 34 nicht in  
30 einem Winkel von  $90^\circ$ , sondern in einem Winkel von ungefähr  $45^\circ$  zur Längsachse 40 des zweiten Kanalabschnitts 36. Hierdurch wird zusätzlich eine günstigere, d.h. widerstandsärmere Strömung realisiert.

5

### Ansprüche

1. Ventilanordnung (47), insbesondere Einlassventilanordnung einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe (16), mit einem in einer Ventilkammer (42) angeordneten Ventilelement (46) und einem stromaufwärts an die Ventilkammer (42) angrenzenden Fluidkanal (30), dadurch gekennzeichnet, dass der Fluidkanal (30) so ausgebildet ist, dass dem Fluidstrom, welcher der Ventilkammer (42) 10 zuströmt, eine Rotation um die Längsachse (38, 40) des Fluidkanals (30) (Drall) aufgeprägt wird.
2. Ventilanordnung (47) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Fluidkanal einen ersten Kanalabschnitt (34) und einen an diesen anschließenden 15 zweiten Kanalabschnitt (36) umfasst, wobei die Längsachsen (38, 40) der Kanalabschnitte (34, 36) zueinander in einem Winkel  $< 180^\circ$  stehen, und wobei die Längsachse (38) des ersten Kanalabschnitts (34) gegenüber der Längsachse (40) des zweiten Kanalabschnitts (36) seitlich versetzt (V) ist.
- 25 3. Ventilanordnung (47) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Längsachsen (38, 40) der beiden Kanalabschnitte (34, 36) wenigstens in etwa in einem rechten Winkel zueinander stehen.
4. Ventilanordnung (47) nach einem der vorhergehenden 30 Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie als Ventilelement eine Kugel (46) oder ein Kegelelement umfasst.

5. Ventilanordnung (47) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass beide Kanalabschnitte (34, 36) im Querschnitt wenigstens in etwa den gleichen Radius aufweisen und dass der seitliche Versatz (V) der Längsachsen (38, 40) größer ist als der Radius.
6. Ventilanordnung (47) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Übergangsbereich zwischen dem ersten Kanalabschnitt (34) und dem zweiten Kanalabschnitt (36) mittels elektrochemischen Materialabtrags bearbeitet ist.
7. Ventilanordnung (47) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Übergangsbereich eine vom ersten (34) zum zweiten Kanalabschnitt (36) gekrümmte Wand (41) umfasst.
- 15 8. Ventilanordnung (47) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass sich der erste Kanalabschnitt (34) axial nicht oder nicht wesentlich über den zweiten Kanalabschnitt (36) hinaus erstreckt.
- 20 9. Ventilanordnung (47) nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass die Längsachse des ersten Kanalabschnitts (34) und die Längsachse des zweiten Kanalabschnitts (36) einen Winkel  $> 90^\circ$  einschließen.

## Zusammenfassung

5

Eine Ventilanordnung (47) einer Hochdruck-Kraftstoffpumpe (16) umfasst ein in einer Ventilkammer (42) angeordnetes Ventilelement (46) und einen stromaufwärts an die Ventilkammer (42) angrenzenden Fluidkanal (30). Es wird vorgeschlagen, dass der Fluidkanal (30) so ausgebildet ist, dass dem Fluidstrom, welcher der Ventilkammer (42) zuströmt, wenigstens abschnittsweise eine Rotation um eine Längsachse (40) des Fluidkanals (30) (Drall) aufgeprägt wird. Figur 2

10  
15

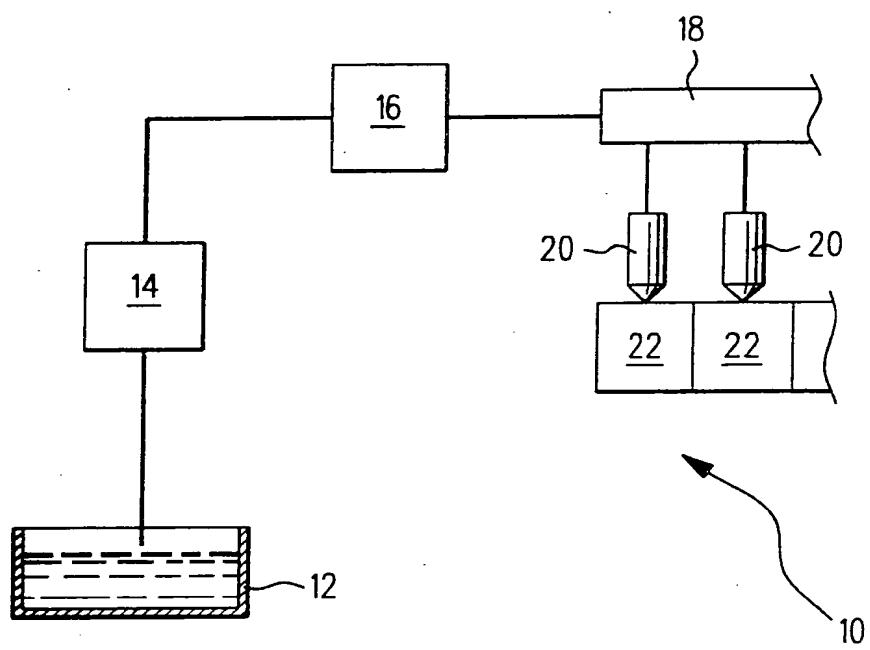


Fig. 1

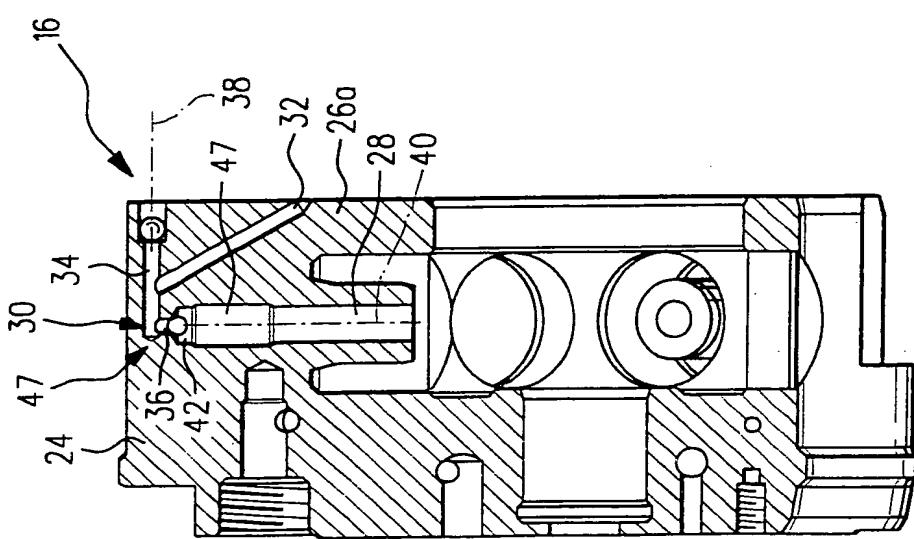
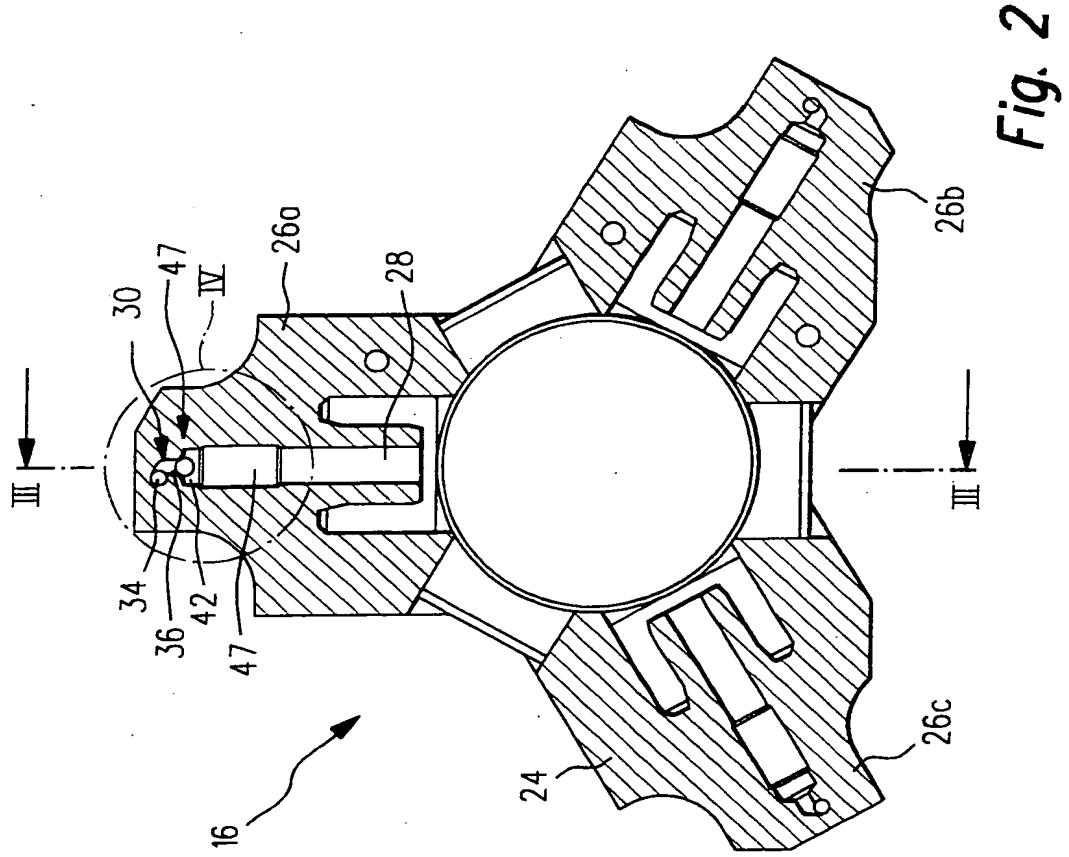


Fig. 5

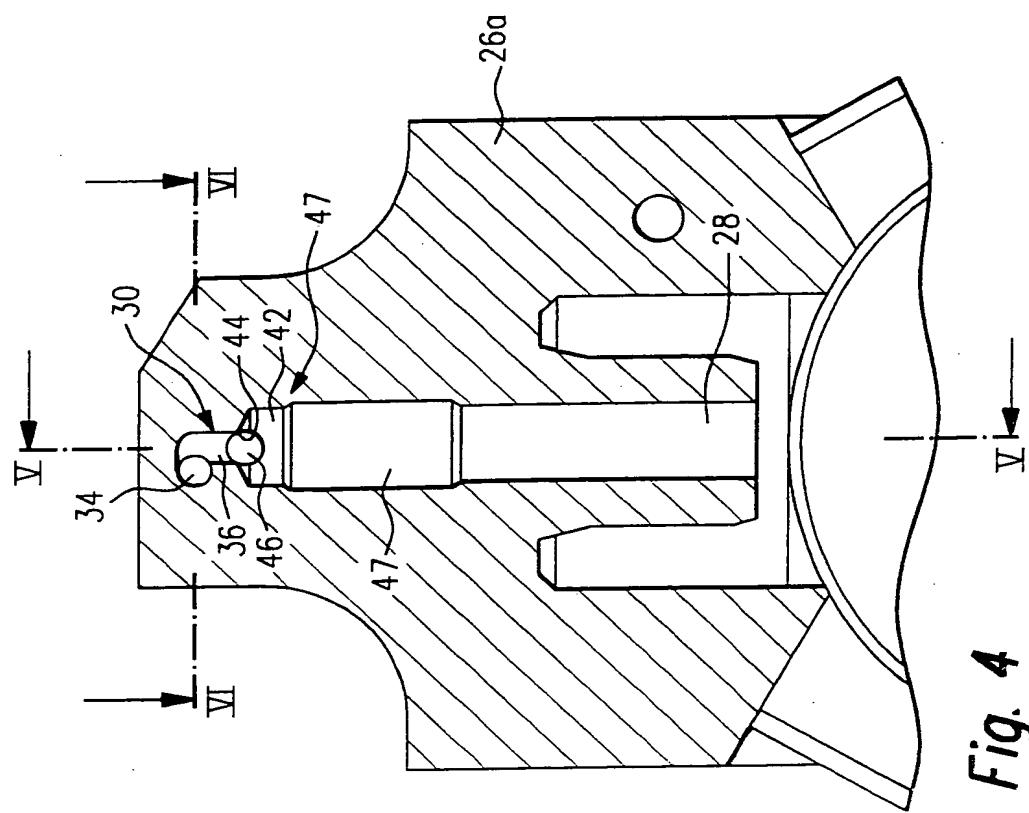
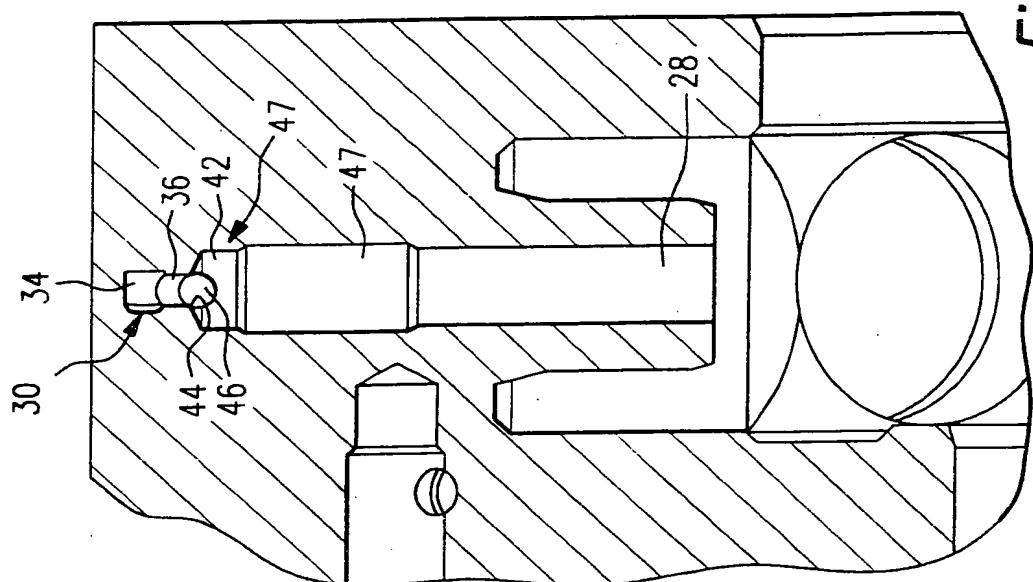


Fig. 4

4 / 5

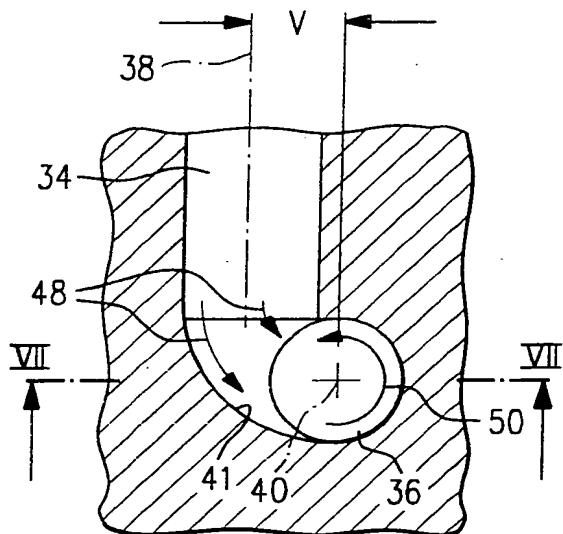


Fig. 6

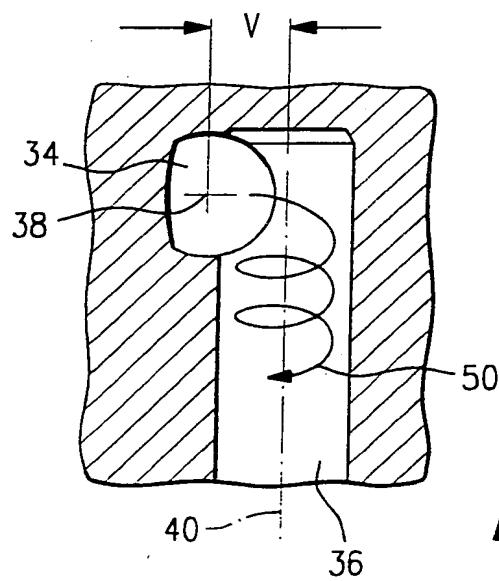
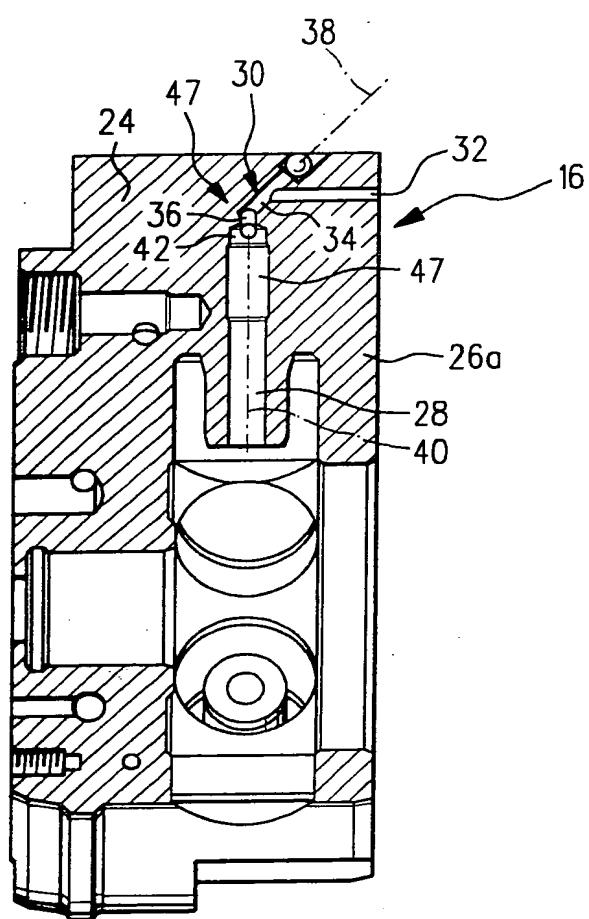


Fig. 7

5 / 5



*Fig. 8*